Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.1, Spring 2020, P. 75-89
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۸۹-۷۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی اثر دو نوع زغال زیستی پوشال برنج و کلش گندم بر برخی ویژگی‌های گیاه توت‌فرنگی

علی رضا لادن مقدم[1]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۱۸

چکیده

زغال‌های زیستی شکلی از مواد هستند که در شرایط خاص سوزانده شده و به عنوان مواد آلی به خاک اضافه می‌شوند و سبب افزایش مواد آلی خاک و کاهش مخاطرات زیست محیطی می‌شوند. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر دو نوع زغال زیستی حاصل از کلش گندم و برنج بر برخی ویژگی‌های گیاه توت‌فرنگی رقم کردستان است. این پژوهش به صورت فاکتوریل در غالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در استان گلستان به اجرا در آمده است. تیمارهای این مطالعه شامل سطوح ۱/۵ و ۳ درصد دو نوع پسماند کاه و کلش گندم و برنج به همراه سه سطح کود شیمیایی نیتروژنه و فسفاته به صورت محلول شامل صفر، ۵۰ و ۷۰ درصد نیاز طبیعی گیاه می‌باشد. در این پژوهش عملکرد، وزن تر گیاه، تعداد میوه با روش‌های معمول اندازه‌گیری شد. مقدار عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهن در دو بخش میوه و اندام‌های هوایی اندازه‌گیری شده است. نتایج نشان دادکه بیشترین عملکرد میوه در تیمار ۷۰ درصد نیاز کودی و سه درصد زغال زیستی کاه و کلش گندم (۸۳/۳ گرم در بوته) به دست آمده است. در تیمار ۷۰ درصد نیاز کودی در صورت استفاده از زغال زیستی کاه و کلش گندم و برنج به ترتیب میزان نیتروژن میوه ۰/۷ و ۰/۵ گرم در صد گرم ماده خشک افزایش یافت. مطابق نتایج این آزمایش استفاده از هر دو نوع زغال زیستی اثرات بسیار مفیدی بر روی گیاه توت فرنگی دارد و زغال زیستی به دست آمده از کاه و کلش گندم نسبت به برنج دارای اثرات بهتری بروی کیفیت و کمیت توت فرنگی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آتشکافت، آهن، عملکرد، نیتروژن، رقم کردستان

مقدمه

امروزه اطمینان از تولید مداوم و پایدار فراورده‌های غذایی سالم همراه با حفظ محیط زیست و توجه به مناسبات اجتماعی و اقتصادی موضوع قابل توجهی در علوم مختلف مانند کشاورزی، اکولوژی و محیط زیست بوده و مورد توجه روز افزون کشاورزان، پژوهشگران، دولتمردان و سیاست‌گزاران قرار گرفته است (۴۹). مواد آلی خاک کلیدی‌ترین عامل در باروری و کیفیت خاک، حفاظت خاک، تصفیه آلاینده‌ها و نیز انتقال و ذخیره آب و املاح در خاک می‌باشد. مواد آلی به عنوان سیستم ایمنی خاک محسوب می‌شوند و نقطه‌ی امیدی برای اصلاح تغییرات اقلیمی و کاهش گازهای گلخانه‌ای در جو زمین می‌باشند (۲۶). مواد آلی به سبب پیامدهای مثبتی که بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارند به عنوان رکن اساسی در باروری خاک شناخته شده‌اند. به طور خلاصه افزایش ماده آلی در خاک سبب تأمین عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، آهن و...، منبع کربن آلی و انرژی برای ریزجانداران خاک، مقابله با تغییرات سریع pH، پایداری و نگهداری ذرات خاک به صورت خاکدانه، افزایش سرعت نفوذ آب در خاک، کاهش رواناب و کاهش خطر فرسایش خاک می‌شود (۲۳). افزایش کود علاوه بر تامین عناصر غذایی و افزایش محصول موجب تغییر کیفیت گیاه هم می‌شود. با توجه به قیمت بالای کودهای شیمیایی استفاده از یک ماده جایگزین با کارایی بالا و هزینه پایین باید مد نظر قرار گیرد. یکی از مواد جایگزین پیشنهادی زغال زیستی می‌باشد.

زغال زیستی محصول تجزیه شیمیایی و گرمایی مواد شیمیایی در حضور اکسیژن بسیار کم است (۳۴). از بقایای گیاهی و کشاورزی که همگی ظرفیت کربن بالایی دارند مانند چوب، سبوس جو، پوست فندق، کاه وکلش برنج و غیره می‌توان برای ساخت زغال زیستی استفاده کرد (۶۱). پسماندهای کشاورزی و باقیمانده گیاهان مواد مناسبی برای تولید این زغال‌ها به حساب می‌آیند (۶۹). متاسفانه اکثر این بقایا سوزانده شده باعث آلودگی هوا و محیط زیست می‌گردند. مدیریت بقایای گیاه با استفاده از یک روش دوست‌دار محیط زیست مانند پیرولیز و تبدیل آنها به زغال زیستی قابل کاربرد در محیط‌زیست و بخش کشاورزی امکان‌پذیر است (۵۴). زغال زیستی از آتشکافت

۱- گروه باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار
(*- نویسنده مسئول: Email:LMAR13201396@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jhorts4.v34i1.79937

زیست‌توده‌های مختلف تحت شرایط بی‌هوازی (یا شرایط کم اکسیژن) تولید می‌شوند (۶۶ و ۳۶). پیرولیز یک روش مهم در به دست آوردن انرژی از زیست‌توده محسوب می‌شود و می‌تواند برای کشورهای در حال توسعه مثل ایران دارای اهمیت فراوانی باشد. از خصوصیات زغال زیستی می‌توان به سطح ویژه بالا، ساختار میکرو منافذی و گروه‌های عاملی فعال اشاره کرد (۱۰). استفاده از زغال زیستی و کربن فعال، یک راهبرد مهم برای افزایش مواد آلی خاک و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشاورزی محسوب می‌شود (۳۳). زیرا این فرآیند محصولات با کیفیت‌تری را نسبت به هر فرآیند حرارتی دیگر تولید می‌کند. هر چند این فرآیند هنوز در مرحله توسعه می‌باشد، می‌تواند برای تبدیل مستقیم زیست‌توده به ترکیبات جامد، مایع و گازی تحت تجزیه بر اثر حرارت در محیط عاری از اکسیژن قرار گیرد (۱۹).

زغال زیستی علاوه بر اینکه با حفظ کربن در خاک از تغییرات اقلیمی جلوگیری می‌کند، با افزایش عناصر غذایی خاک باعث بهبود حاصلخیزی خاک می‌شود (۵۶ و ۶۴). این تأثیر هم به صورت مستقیم و هم غیرمستقیم در خاک اتفاق می‌افتد. پژوهشگران متعددی دریافتند که در جریان فرآیند تولید زغال زیستی درصد زیادی از عناصر از جمله Ca، Mg، K، P و عناصر کم مصرف و همچنین حدود نیمی از N و S موجود در زیست‌توده در ساختار زغال زیستی باقی خواهد ماند (۳۲). طبق گزارش‌های منتشر شده، افزودن زغال زیستی به خاک باعث افزایش فسفر در دسترس برای رشد گیاه می شود (۱۳ و ۳۵). علاوه بر این زغال زیستی با افزایش قدرت یونی و غلظت کلسیم در محلول خاک می‌تواند باعث افزایش جذب فسفر شود (۴۸). سطح ویژه بالای زغال زیستی فضای لازم برای شکل گیری تجمع کاتیون‌ها و آنیون‌ها و همین‌طور پیوند آنها با عناصر و فلزات خاک را فراهم می‌کند و ظرفیت حفظ مواد غذایی خاک را بهبود می‌بخشد (۵). به طور کلی افزایش در مقدار اکسیدهای آهن و آلومینیوم محلول و یا افزایش در مقدار کلسیم خاک منجر به جذب بیشتر فسفر قابل دسترس برای گیاه می‌شود. جیانگ و همکاران (۲۷) بیان کردند که استفاده از زغال زیستی به دست آمده از کاه برنج به میزان سه درصد باعث بهبود ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شده و در نتیجه میزان جذب کاتیون‌ها مانند آهن در آن افزایش خواهد یافت. استینر و همکاران (۵۷) بیان کردند که استفاده از زغال زیستی به دست آمده از کود مرغی سبب بهبود قابلیت جذب عناصر غذایی مهمی مانند پتاسیم و فسفر می‌گردد. فلت و همکاران (۱۶) و نامگای و همکاران (۴۹) بیان کردند که استفاده از زغال زیستی سبب افزایش جذب عناصر میکرو می‌گردد. ویلیام و کورش (۶۳) به‌منظور استفاده از زغال زیستی به جای کودهای معدنی، اثر زغال زیستی کود اسب و علف خشک را روی برخی سبزیجات محلی مانند بامیه، لوبیا، گشنیز و نعنا در سه محیط باز و بسته و محیط گلخانه‌ای در سه تکرار بررسی کردند و با اندازه‌گیری متغیرهایی مانند: pH، ظرفیت نگه‌داری آب، مقدار آمونیاک، نیترات، کلروفیل برگ، دما، رطوبت، تعداد و طول برگ و ارتفاع بوته به این نتیجه رسیدند که استفاده از زغال زیستی تاأثیرات مثبتی روی رشد گیاه دارد بنابراین می‌توان از آن به عنوان کود استفاده کرد. فلاح و توله کلاهی (۱۵) اثر دو نوع زغال زیستی را بر غلظت بعضی از عناصر غذایی در گیاه برنج بررسی کردند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که بالاترین میزان نیتروژن برگ (۴/۰۵ درصد) در تیمار ۶ گرم زغال زیستی کاه و کلش+۳۰ گرم پوسال در کیلوگرم خاک و کم‌ترین میزان نیتروژن برگ در تیمار شاهد مشاهده کردند میزان فسفر برگ در تیمار ۶ گرم زغال زیستی تفاله نیشکر + ۳۰ گرم پوسال در کیلوگرم خاک نسبت به تیمار شاهد بیش تر از دو برابر افزایش داشت.

توت‌فرنگی (Fragaria×ananasa) یک گیاه چند ساله، علفی با دوره رشدی کوتاه است که قادر به تکثیر رویشی از طریق تولید ساقه رونده است (۱۱). در حال حاضر توت فرنگی توسط میلیون‌ها نفر از مردم دنیا در هر نوع شرایط آب و هوایی اعم از معتدله، نیمه‌گرمسیری، گرمسیری، مدیترانه‌ای و غیره کشت می‌شود. طی ۵۰ سال اخیر از ژرم پلاسم‌های موجود، ارقام جدید و متنوعی معرفی شده است که به انواع خاک‌ها و شرایط محیطی سازگاری دارند (۳). در سال ۲۰۰۸ کل تولید توت‌فرنگی دنیا ۴۰۷۷۹۱۰ تن بوده است. طبق آمار فائو در سال ۲۰۰۸ بیش از ۲۰ کشور تولید کننده‌ی توت فرنگی در قاره‌های اروپا، آسیا، آفریقا و آمریکای شمالی و جنوبی قرار دارند. در ایران هم توت فرنگی به صورت خودرو و هم ارقام با ارزش اقتصادی کشت و کار می‌گردد. در سال ۱۳۸۲ سطح زیر کشت ایران برابر با ۳۷۴۵ هکتار بوده که میزان تولید آن بالغ بر ۳۰۳۴۱ تن و عملکرد آن نیز ۹۸۴۱ کیلوگرم در هکتار بوده است. میری و همکاران (۴۴) نشان دادند که افزایش نیترات پتاسیم به توت فرنگی باعث افزایش عملکرد و صفات کمی و کیفی گیاه توت فرنگی می‌شود. با توجه با اهمیت مسایل زیست محیطی و تغذیه گیاهان در این پژوهش به بررسی اثر دو نوع زغال زیستی کاه و کلش گندم و برنج بر برخی ویژگی‌های گیاه توت فرنگی پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش اثر دو نوع زغال زیستی کاه و کلش گندم و کاه و کلش برنج و محلول‌های غذایی بر روی شاخص‌های رشد و کیفیت توت‌فرنگی رقم کردستان استفاده شده است. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در استان گلستان انجام شد. در هر بلوک ۱۵ گلدان و در کل تعداد ۴۵ نشاء در گلدان‌ها کاشته شد. برای تهیه زغال زیستی کاه و کلش گندم (W) و برنج (R) را جداگانه در ظرف

مخصوص که برای این کار ساخته شده است در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲- ۲/۵ ساعت قرار گرفت. بعد از آماده شدن زغال‌های زیستی و هوا خشک کردن خاک (ذرات کوچکتر از ۱۰ میلی‌متر مورد استفاده قرار گرفت) به همراه تیمارهای ۱/۵ و ۳ درصد از هر زغال زیستی به گلدان‌های پنج کیلویی ریخته شد. در جدول ۱ ویژگی‌های زغال‌های زیستی مورد مطالعه نمایش داده شده است. دو ماه به تیمارهای اعمال شده زمان داده شده تا ارتباط خود را با خاک تثبیت کنند، سپس در اوایل آذر ماه سال ۱۳۹۶ نشاء توت‌فرنگی از خزانه تکثیر توت فرنگی واقع در شهرستان کرج خریداری گردید و به استان گلستان انتقال داد شد و کشت در همان زمان صورت گرفت. همچنین عامل کود شیمیایی (محلول غذایی کوئیک) در سه سطح (بدون مصرف کود شیمیایی، ۵۰ درصد میزان توصیه شده و میزان ۷۰ درصد توصیه شده) به همراه آب آبیاری اضافه شد. محلول غذایی کوئیک در مرحله اول برای عناصر پرمصرف و کم‌مصرف ۱۰۰۰ برابر غلیظ‌تر از نیاز گیاه مطابق با جدول ۲ تهیه شدند.

جدول ۱- ویژگی‌های زغال‌های زیستی مورد مطالعه در این آزمایش

Table 1- The properties of studied biochars in this experiment

نوع زغال زیستی Type of biochar	P (g/kg)	K (g/kg)	N (g/kg)	EC (dS/m)	pH
زغال زیستی کل گندم Biochar of straw wheat	0.02	5.5	4.3	1.74	7.10
زغال زیستی پوشال برنج Biochar of straw rice	0.02	5.2	3.7	1.53	7.65

جدول ۲- فرمول محلول‌غذایی مورد استفاده در این آزمایش (بر حسب میلی اکی‌والان گرم در لیتر)

Table 2- Formulation of nutrient solution in this experiment (meq L^{-1})

عنصر Element	حجم محلول پایه در لیتر محلول نهایی Volume of base solution per liter of final solution	غلظت محلول پایه Base solution concentration
	عناصر پر مصرف Macronutrient	
KNO_3	6	101.10
$Ca(NO_3).4H_2O$	4	236.16
$NH_4H_2PO_4$	2	115.08
$MgSO_4.7H_2$	1	246.48
	عناصر کم مصرف Micronutrient	
KCl	2	1.864
H_3BO_3	2	0.773
$MnSO_4.H_2O$	2	0.169
$ZnSO_4.7H_2O$	2	0.288
$CuSO_4.5H_2O$	2	0.062
H_2MoO_4(%85 MoO_3)	2	0.040
$C_{10}H_{12}FeN_2NaO_8$	0.1-0.3	30.00

مقدار نیتروژن گیاه به روش کجلدال، میزان فسفر و پتاسیم گیاه به روش خاکستر خشک و با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه گیری شد (۶۲). برای اندازه‌گیری آهن در گیاه نیز یک گرم پودر گیاهی آهن را به نسبت یک به یک با اسید سولفوریک غلیظ حل کرده و با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده. سپس از محلول مادر استانداردهای ساخته شد. سپس مقدار عنصر آهن عصاره‌های گیاه و میوه پس از کالیبره کردن دستگاه جذب اتمی مدل مدل واریان ۲۲۰ با استانداردها قرائت شدند (۳۷). همچنین ویژگی‌های مورفولوژیکی مانند وزن تر بخش هوایی، عملکرد و تعداد میوه اندازه‌گیری شد. پس از جمع‌آوری اطلاعات ابتدا تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد و مقایسه میانگین داده‌ها نیز با آزمون توکی صورت گرفت. به‌منظور نرمال سازی داده‌های عملکرد میوه و وزن خشک میوه از داده‌ها ریشه دوم گرفته شد. کلیه تجزیه‌های آماری و محاسبات با استفاده از نرم‌افراز SAS 9.4 و رسم نمودارها نیز توسط نرم افزار Excel 2013 صورت گرفت.

نتایج و بحث

در جدول ۳ نتایج تجزیه و تحلیل واریانس تیمارهای مورد مطالعه

بر روی برخی ویژگی‌های گیاه و مقدار عناصر در اندام‌های مختلف آن نمایش داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود اثر متقابل محلول غذایی و زغال‌زیستی بر کلیه صفات مورد مطالعه معنی‌داری بوده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر زغال‌زیستی و محلول غذایی بر برخی ویژگی‌های گیاه توت‌فرنگی

Table 3- ANOVA for the effect of biochar and nutrient solution on some charecteristics of strawberry

S.O.V	df	میانگین مربعات Mean of squares						
		N		K		تعداد میوه Number of fruit	عملکرد میوه Yield	وزن تر بخش هوایی Airborne fresh weight
		میوه Fruit	اندام هوایی Shoot	میوه Fruit	اندام هوایی Shoot			
زغال زیستی Biochr	2	0.66^{**}	0.71^{**}	1.10^{*}	2.68^{**}	2.60^{ns}	46.10^{ns}	644.22^{ns}
محلول غذایی Solution	4	1.86^{**}	0.33^{ns}	0.31^{ns}	6.86^{**}	149.72^{**}	149.12^{**}	3379^{**}
اثر متقابل B×S	2	0.74^{**}	1.03^{**}	2.40^{**}	11.82^{**}	1080^{**}	306.22^{**}	31937^{**}
بلوک Bolck	8	0.06^{ns}	0.04^{ns}	0.05^{ns}	0.27^{ns}	22.56^{**}	84.16^{*}	679^{*}
خطا Erorr	28	0.13	0.11	0.38	0.25	1.24	68.08	311.22
ضریب تغییرات CV (%)	–	13.94	8.80	6.95	7.31	6.79	6.24	11.84

**و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد، ns عدم معنی‌داری.

*: Significant at 5% level, **: Significant at 1% level, ^{ns}: Non-significant.

ادامه جدول ۳

Continue to Table 3

S.O.V	df	MS			
		Fe		P	
		میوه Fruit	اندام هوایی Shoot	میوه Fruit	اندام هوایی Shoot
زغال زیستی Biochr	2	0.0018^{**}	0.060^{**}	0.0051^{**}	0.0015^{**}
محلول غذایی Solution	4	0.0026^{**}	0.056^{**}	0.0015^{ns}	0.0011^{**}
اثر متقابل B*S	2	0.0026^{**}	0.087^{**}	0.0049^{**}	0.003^{**}
بلوک Bolck	8	0.0000^{ns}	0.0017^{ns}	0.00022^{ns}	0.0012^{**}
خطا Erorr	28	0.003	0.0015	0.00076	0.0001
(٪) CV	–	۱۵/۳	۱۳/۶۸	۱۲/۲۲	۸/۳۳

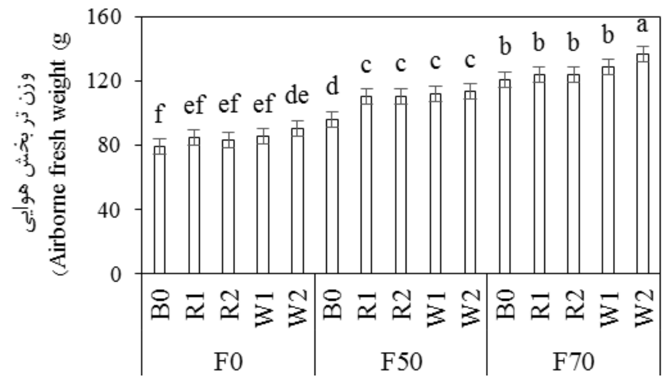
**و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد، ns عدم معنی‌داری.

*: Significant at 5% level, **: Significant at 1% level, ^{ns}: Non-significant.

وزن تر بخش هوایی

در شکل ۱ مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف زغال زیستی و محلول غذایی بر وزن تر بخش هوایی توت فرنگی مشاهده می‌شود. همانطور که در شکل مشخص است بیشترین وزن تر مربوط به ترکیب تیماری F70W2 با وزن ۱۳۶/۶ گرم اندازه‌گیری شد و کمترین وزن نیز مربوط به ترکیب تیماری F0B0 با وزن ۷۸ گرم اندازه‌گیری شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داده است که در تیمار F70 بین سطوح ۱/۵، ۳ درصد زغال زیستی برنج و ۱/۵ درصد زغال

زیستی گندم اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. همچنین نتایج نشان داده است که با افزایش زغال زیستی وزن تر بخش هوایی افزایش معنی-داری یافته است. اما به طور کلی با مقایسه بین دو نوع زغال زیستی مشاهده می‌گردد که زغال زیستی حاصل از کاه و کلش گندم نسبت به زغال زیستی حاصل از بقایای برنج اثر بیشتری بر افزایش وزن تر بخش هوایی داشته است. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت محلول غذایی نیز وزن تر بخش هوایی افزایش معنی‌داری نشان داده است. حاجی‌زاده و همکاران (۲۲) که استفاده از زغال زیستی سبب تغییر معنی‌داری در خصوصیات گیاه شناسی و جذب عناصر در گیاه آفتابگردان شده است. در همین راستا بوس و ترپیاتی (۸) بیان کردند که افزایش جذب عناصر مانند منگنز سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش زیست‌توده گوجه فرنگی خواهد شد.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرتیمارهای مختلف زغال زیستی و محلول غذایی بر وزن تر بخش هوایی توت‌فرنگی

(F0 بدون محلول غذایی، ,F50 پنجاه درصد کود مورد نیاز گیاه، ,F70 هفتاد درصد کود مورد نیاز گیاه، R1 و R2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از پوشال برنج به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، W1 و W2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از کلش گندم به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، B0 بیانگر تیمار شاهد است).

Figure 1- Comparison mean of the effects of various biochar and nutrient solutions on shoot fresh weight of strawberry

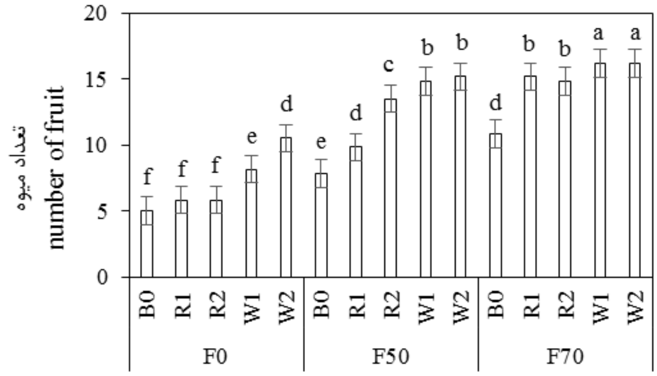
(F0, Non chemical fertilizer, F50 and F70, 50 and 70 % of the plant's natural requirements, R1 and R2, Biochar of straw rice 1.5 and 3 % respectively, W1 and W2, Biochar of straw wheat 1.5 and 3 % respectively, B0, Blank). (Tukey, $p \le 0.05$)

تعداد میوه

نتایج تجزیه واریانس در این پژوهش نشان داد که تعداد میوه در فاکتور زغال زیستی و همچنین کود شیمیایی در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد. همچنین اثر متقابل این دو فاکتور نیز در ترکیب‌های تیماری در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌داری است. مطابق شکل ۲ افزایش مصرف کود شیمیایی و استفاده توام آن با زغال زیستی به طور معنی‌داری تعداد میوه را افزایش داده است. بیشترین تعداد میوه به ترتیب در ترکیب‌های تیماری F70W2 وF70W1 معادل ۱۶ عدد میوه، و کم‌ترین تعداد میوه نیز در ترکیب تیماری F0B0 با ۵ عدد و F0R1 و F0R2 با تعداد ۶ میوه مشاهده شد. در مورد تعداد میوه نیز مشاهده می‌گردد زغال زیستی به دست آمده از کاه و کلش گندم بهتر از زغال زیستی به دست آمده از کاه و کلش برنج است. حسین و همکاران (۲۴) بیشترین تعداد میوه گوجه فرنگی را بین تیمارهای شاهد، (زغال زیستی و خاک)، (زغال زیستی و خاک و کود) و (خاک و کود شیمیایی) در مخلوط تیماری زغال زیستی و خاک و کود گزارش کردند و علت آن را فراهمی عناصر مغذی فسفر، نیتروژن و هدایت الکتریکی خاک توسط زغال زیستی گزارش کردند.

عملکرد میوه

نتایج تجزیه واریانس در این تحقیق نشان داد که عملکرد محصول در فاکتور زغال زیستی و همچنین کود شیمیایی در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد (جدول ۱). اثر متقابل این دو فاکتور نیز در ترکیب‌های تیماری در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری است. بالاترین میزان عملکرد در تیمارهای F70W2 با ۸۳/۳ گرم و F70W1 با ۸۲/۵ گرم به دست آمده است. کم‌ترین میزان عملکرد در ترکیب تیماری F0B0 با وزن ۱۹/۵ گرم مشاهده شد (شکل ۳). به طورکلی با بررسی روند تغییرات عملکرد تحت تاثیر تیمارهای مختلف مشاهده می‌گردد که با افزایش میزان زغال زیستی عملکرد نیز افزایش یافته است. همچنین با افزایش میزان محلول غذایی نیز عملکرد افزایش پیدا کرده است. یکی از علل افزایش عملکرد با کاربرد نیتروژن، توسعه مناسب اندام‌های هوایی طی دوره رشد، استفاده مفید از نور خورشید و افزایش مواد فتوسنتزی در گیاه می‌باشد. با افزایش سطح برگ تا حد مطلوب میزان عملکرد بالا می رود. در حالی‌که افزایش زیاد تعداد و سطح برگ‌ها با مصرف زیاد نیتروژن باعث سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر شده و کاهش فتوسنتز، عامل محدودکننده تولید است (۲۹).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف زغال زیستی و محلول غذایی بر تعداد میوه توت‌فرنگی

(F0 بدون محلول غذایی، F50, پنجاه درصد کود مورد نیاز گیاه، F70, هفتاد درصد کود مورد نیاز گیاه، R1 و R2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از پوشال برنج به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، W1 و W2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از کلش گندم به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، B0 بیانگر تیمار شاهد است).

Figure 2- Comparison mean of the effect of various treatments of biochar and nutrient solution on number fruits of strawberry

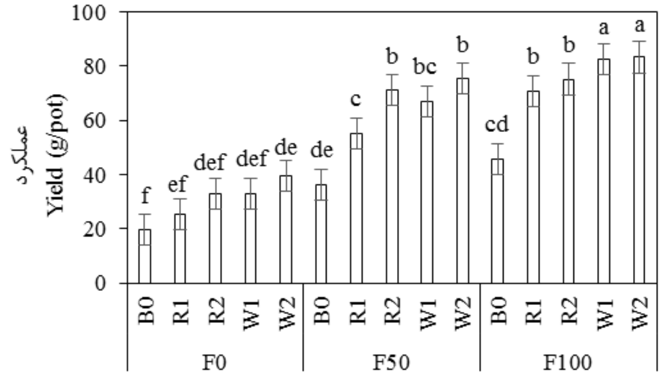
(F0, Non chemical fertilizer, F50 and F70, 50 and 70 % of the plant's natural requirements, R1 and R2, Biochar of straw rice 1.5 and 3 % respectively, W1 and W2, Biochar of straw wheat 1.5 and 3 % respectively, B0, Blank) .(Tukey, $p\leq 0.05$)

پتاسیم در کنار عناصر کیفی دیگر مانند نیتروژن و کلسیم مهمترین نقش را در کیفیت محصولات ایفا می‌کند (۲۰). در مطالعه انجام شده توسط یاوری و همکاران (۶۷) افزایش سطوح پتاسیم در گیاه همواره باعث افزایش وزن و عملکرد میوه توت فرنگی و کیفیت آن شد که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. گنجهی و گلچین (۱۸) نیز نتیجه مشابهی در رابطه با تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد گیاه توت فرنگی ارائه نمودند. مشایخی و تاتاری (۴۲) بیشترین مقدار عملکرد توت فرنگی را معادل ۷۹/۲ گرم در بوته حاصل از مصرف فقط کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به دست آوردند.

طبق نتایج شکل ۳ ترکیب شدن زغال زیستی با کود شیمیایی تاثیرات مثبتی روی عمکرد محصول گذاشته است. علت بهبود عملکرد ناشی از مصرف زغال زیستی را می‌توان به بهبود شرایط اسیدیته خاک، کاهش آبشویی عناصر، بهبود وضعیت میکروارگانیسم ها و جذب و آزادی سازی عناصر در خاک نسبت داد (۵۳). وقتی که زغال زیستی با خاک مخلوط می‌شود نقش مهمی را در ماهیت فیزیکی سیستم؛ از جمله عمق موثر، بافت، ساختمان، تخلخل، جرم مخصوص سطح خاک، توزیع اندازه ذرات و منافذ ایفا می‌کند. زغال زیستی ممکن است تاثیر مستقیم بر رشد گیاه به دلیل افزایش عمق موثر و در دسترس قرار دادن آب و هوا در منطقه ریشه داشته باشد (۱۴) به کار بردن ۱ تا ۲ درصد زغال زیستی در خاک تاثیر معنی‌داری بر بهبود کیفیت فیزیکی خاک از جمله چگالی خاک (BD) و ظرفیت نگهداری آب خاک (WHC) دارد (۴۷). بنابراین با توجه به بهبود وضعیت فیزیکی خاک انتظار بهبود عملکرد گیاه نیز می‌رود. واساری و همکاران (۶۷) دلیل بهبود عملکرد گوجه فرنگی را با مصرف زغال زیستی افزایش حاصلخیزی خاک و تاثیر زغال زیستی در نگه داشت آب در خاک نسبت دادند. آلبوراکرکیو (۲) بیان کردند که استفاده از زغال زیستی به همراه محلول هوگلند سبب افزایش ۲۰ تا ۳۰ درصدی عملکرد گندم شده است. بسیاری از پژوهشگران بیان کردند که افزایش عملکرد محصولات کشاورزی تحت تأثیر اضافه شدن زغال زیستی تابعی از کیفیت و کمیت زغال زیستی است (۱۲).

نیتروژن

در شکل ۴ مقایسه میانگین اثر زغال زیستی و محلول غذایی بر میزان نیتروژن در دو بخش میوه و اندام هوایی مشاهده می‌شود. بر اساس نتایج بیشترین مقدار نیتروژن در میوه مربوط به تیمارهای F70W2 و F70W1 به ترتیب با مقدار ۳/۵۰، ۳/۴۸ درصد است (شکل ۴-الف). در مورد نیتروژن میوه نتایج نشان‌داده است که به طور نسبتا جزئی نتایج زغال زیستی به دست آمده از کاه و کلش گندم نسبت به زغال به دست آمده از کاه و کلش برنج بیشتر بوده است. نتایج مقایسه میانگین نشان داده است بین تیمارهای مختلف زغال زیستی در دو حالت کودی صفر و ۵۰ درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. کینکر و همکاران (۳۰) بیان کرد که نیتروژن در زغال زیستی ممکن است به صورت سریع در اختیار گیاه قرار نگیرد و نیاز به مدت زمان برای این کار باشد. چان و همکاران (۹) مشاهده کردند با افزایش مقدار زغال زیستی جذب نیتروژن از خاک توسط گیاه افزایش می‌یابد.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف زغال زیستی و محلول غذایی بر میزان عملکرد توت‌فرنگی

(F0 بدون محلول غذایی، F50، پنجاه درصد کود مورد نیاز گیاه، F70، هفتاد درصد کود مورد نیاز گیاه، R1 و R2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از پوشال برنج به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، W1 و W2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از کلش گندم به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، B0 بیانگر تیمار شاهد است).

Figure 3- Comparison mean of the effect of various treatments of biochar and nutrient solution on yield of strawberry

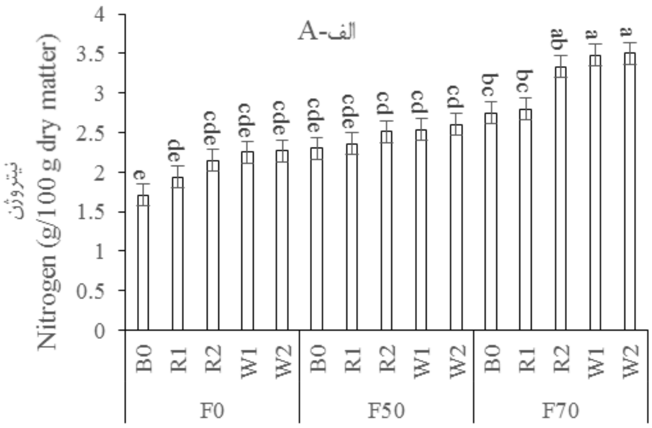
(F0, Non chemical fertilizer, F50 and F70, 50 and 70 % of the plant's natural requirements, R1 and R2, Biochar of straw rice 1.5 and 3 % respectively, W1 and W2, Biochar of straw wheat 1.5 and 3 % respectively, B0, Blank). (Tukey, $p \leq 0.05$)

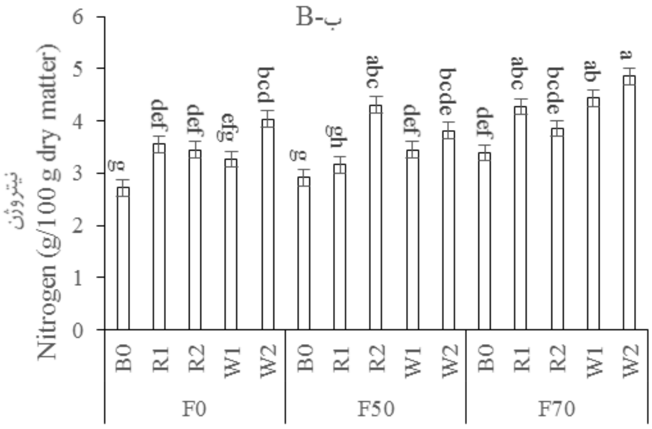
موخرجی و زیمرمن (۴۶) تاثیر فوق‌العاده زغال زیستی بر چرخه عناصر و جلوگیری از هدر روی کربن، نیتروژن و فسفر در خاک را نشان دادند و بیان کردند که زغال زیستی دارای دامنه‌ای از شکل‌های عناصر غذایی بوده که با سرعت‌های متفاوتی آزاد شده و تاثیرات متفاوتی را بر حاصلخیزی دارند. ماناریکیو (۴۰) بیان کرد که در تغذیه گوجه فرنگی اضافه کردن نیتروژن بسیار حائز اهمیت است اما نبایستی از مقدار مورد نیاز گیاه بیشتر باشد چراکه باعث افزایش رشد رویشی و تاخیر در گلدهی خواهد شد.

بیشترین مقدار نیتروژن در اندام‌های هوایی مربوط به تیمار F70W2 برابر با ۴/۸۵ درصد بدست آمده است (شکل ۴-ب). همچنین کمترین مقدار نیتروژن در اندام هوایی نیز در تیمار شاهد F0B0 با مقدار ۲/۷۱ درصد بدست آمده است. نتایج نشان داده است که مقدار نیتروژن در اندام هوایی همانند نیتروژن میوه تحت تیمار زغال زیستی حاصل از کاه و کلش گندم نسبت به زغال زیستی بدست آمده از کاه و کلش برنج بیشتر بوده است. علت این موضوع بیشتر بودن مقدار نیتروژن در زغال زیستی حاصل از کلش گندم است (جدول ۱). تانگ و همکاران (۵۹) بیان کردند که باتوجه به ترکیبات متفاوت بقایای گیاهی، زغال زیستی تولید شده از آنها نیز می‌تواند ویژگی‌های متفاوتی داشته باشد. این ویژگی‌ها متفاوت ممکن است اثرات مختلفی بر جذب و هدر رفت عناصر در خاک داشته باشند.

پتاسیم

نتایج نشان داده است که اختلاف پتاسیم در تیمارهای مختلف در اندام هوایی نسبت به بخش میوه (شکل ۵-الف) کمتر بوده است و بیشترین مقدار پتاسیم اندام هوایی (شکل ۵-ب) مربوط به تیمار F70W2 معادل ۰/۷۵۶ گرم در صد گرم میوه خشک بوده است. همانند بخش هوایی در میوه نیز بیشترین مقدار پتاسیم در تیمار F70W2 برابر با ۰/۸۶۷ گرم در صد گرم میوه خشک است. کمترین مقدار این عنصر (۰/۵۲۰ گرم در صد گرم میوه خشک) در تیمار شاهد به دست آمده است. به طور کلی نتایج نشان داده است که استفاده از زغال زیستی باعث افزایش میزان پتاسیم در میوه و اندام هوایی گیاه شده است. مقدار پتاسیم در میوه و بخش هوایی گیاه کمی بیش از نیاز وجود داشت البته باید در نظر داشت که پتاسیم می‌تواند به مقدار بیش از حد مورد نیاز حتی تا چندین برابر، بدون اینکه به گیاه صدمه‌ای وارد سازد جذب آن گردد. که به این پدیده جذب لوکس می‌گویند. پس می‌توان گفت که درصد پتاسیم موجود در برگ گیاه به معنی نیاز آن گیاه به این مقدار از این عنصر نمی‌باشد. بسیاری از فاکتورهای تولیدی و کیفی در توت فرنگی متأثر از میزان پتاسیم گیاه و بخصوص میوه است به گونه‌ای که اندازه، رنگ و اسیدیته میوه ارتباط مثبتی با میزان پتاسیم دارد (۷). از آنجایی که زغال زیستی می‌تواند منبع مناسبی برای عنصر پتاسیم باشد و نتایج آزمایش نیز این را تایید می‌کند می‌توان مصرف کود پتاسه را که برای گیاهان ضروری می‌باشد را کاهش داد (۱۷ و ۳۲). در پژوهشی چان و همکاران (۹) بیان کردند که با کاربرد زغال زیستی غلظت پتاسیم گیاه افزایش یافته است و بیشترین عملکرد مربوط به سطح ۵۰ تن در هکتار و بدون مصرف کود نیتروژنی بوده است. علت این افزایش غلظت بالای پتاسیم قابل دسترس موجود در زغال زیستی گزارش کردند.





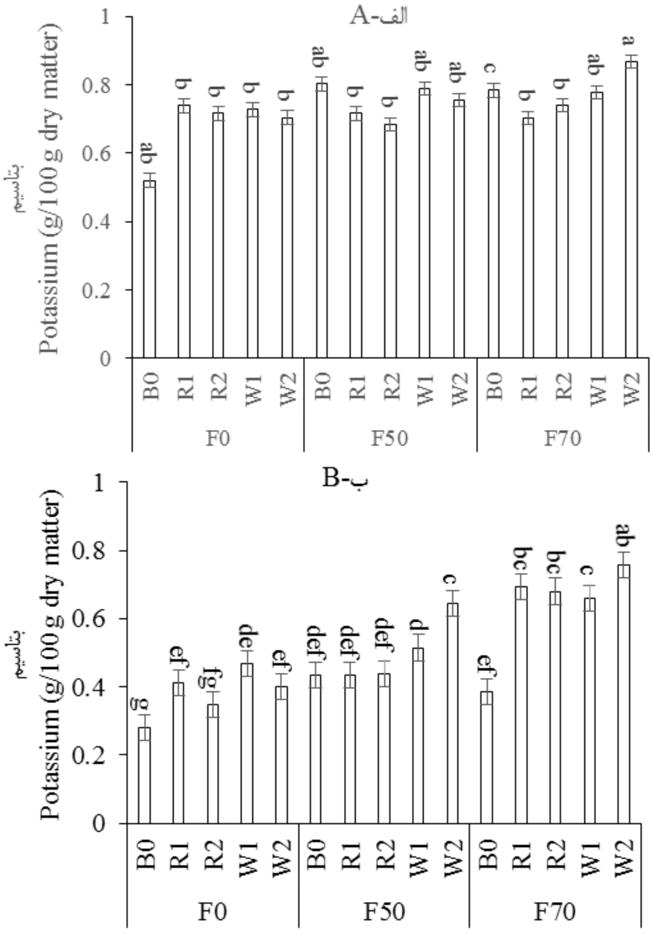
شکل ٤- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف زغال زیستی و محلول غذایی بر میزان درصد نیتروژن الف) میوه و ب) در اندام هوایی توت فرنگی

(F0 بدون محلول غذایی، ,F50 پنجاه درصد کود مورد نیاز گیاه، ,F70 هفتاد درصد کود مورد نیاز گیاه، R1 و R2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از پوشال برنج به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، W1 و W2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از کلش گندم به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، B0 بیانگر تیمار شاهد است).

Figure 4- Comparison mean of the effect of various treatments of biochar and nutrient solution on the percentage of nitrogen in a) fruit and b) shoot of strawberry

(F0, Non chemical fertilizer, F50 and F70, 50 and 70 % of the plant's natural requirements, R1 and R2, Biochar of straw rice 1.5 and 3 % respectively, W1 and W2, Biochar of straw wheat 1.5 and 3 % respectively, B0, Blank). (Tukey, $p\leq0.05$)

هافل و همکاران (۲۱) بیان کردند که افزایش زغال زیستی سبب افزایش قابلیت استفاده از پتاسیم خاک می‌گردد. رومهلد و همکاران (۵۲) پژوهش درباره پتاسیم در کشاورزی را ضروری دانستند. مناطق زیادی از زمین‌های کشاورزی جهان با کمبود پتاسیم مواجه هستند. بیش از نیمی از وزن خشک محصولات را شاخساره آنها تشکیل می‌دهد که به مصارف گوناگون می‌رسد. این بدین مفهوم است که مقدار زیادی از مواد غذایی از خاک برداشت می‌شود. برخی از عناصر مانند نیتروژن و فسفر در حدی که از خاک برداشت می‌شوند جایگزین می‌شوند. اما تنها ۳۵ درصد از پتاسیم برداشت شده از خاک، جایگزین می‌شود. از طرفی، بیشترین غلظت پتاسیم در بافت‌های جوان توسعه یافته و اندام‌های زایشی وجود دارد که نشان دهنده فعالیت زیاد این عنصر در متابولیسم و رشد سلول‌ها می‌باشد. همچنین به نقش پتاسیم به عنوان یکی از بزرگترین اجزای تغذیه‌ای گیاه در حاصلخیزی خاک اشاره کردند. نقش کلیدی پتاسیم به‌عنوان تنظیم کننده اسمزی در آماس سلول و به‌ویژه در روزنه‌ها شناخته شده است (۴۳). تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها و همچنین حفظ تعادل آب از فاکتورهای بسیار مهم در کنترل شدت فتوسنتز در گیاهان تحت محیط‌های دارای تنش می‌باشند (۴) که به واسطه پتاسیم به‌عنوان یک ماده اسمزی مهم در واکوئل کنترل شده و مقدار آب بافت‌ها را در محیط‌های دارای تنش در حد مطلوب نگه می‌دارد (۴۱).



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف زغال زیستی و محلول غذایی بر میزان پتاسیم در الف) میوه و ب) اندام هوایی توت‌فرنگی

(F0 بدون محلول غذایی، F50, پنجاه درصد کود مورد نیاز گیاه، F70, هفتاد درصد کود مورد نیاز گیاه، R1 و R2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از پوشال برنج به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، W1 و W2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از کلش گندم به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، B0 بیانگر تیمار شاهد است).

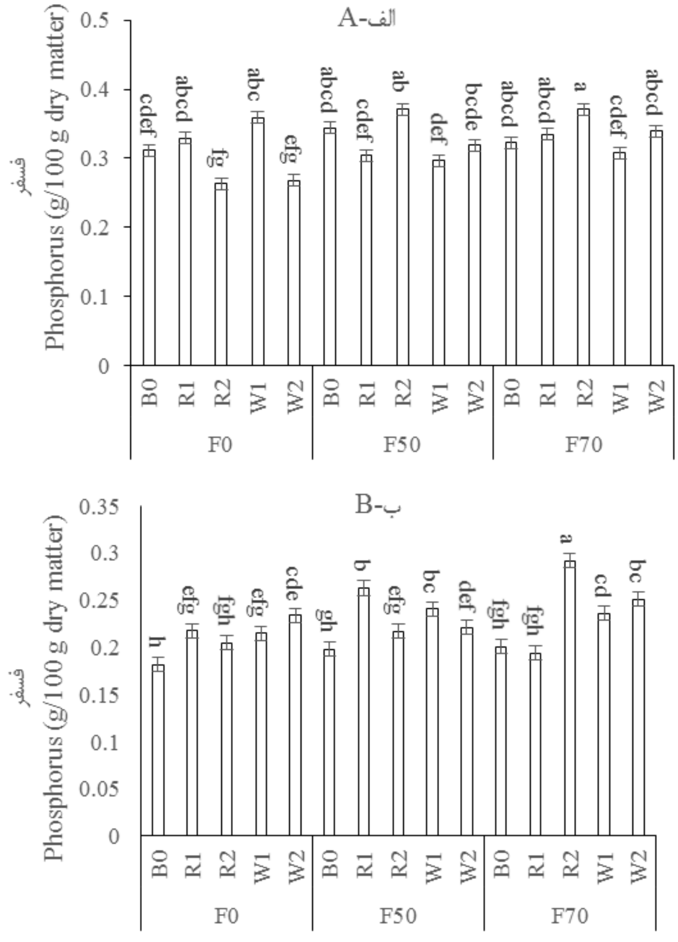
Figure 5- Comparison mean of the effect of various treatments of biochar and nutrient solution on potassium content in a) fruit and b) shoot of strawberry

(F0, Non chemical fertilizer, F50 and F70, 50 and 70 % of the plant's natural requirements, R1 and R2, Biochar of straw rice 1.5 and 3 % respectively, W1 and W2, Biochar of straw wheat 1.5 and 3 % respectively, B0, Blank). (Tukey, *p≤0.05*)

فسفر

مقدار فسفر میوه در تیمارهای مربوط به زغال زیستی کاه و کلش برنج بیشتر بوده است به ترتیب در تیماری F70R2 (۰/۳۷ گرم در صد گرم ماده خشک) و F50R2 (۰/۳۷ گرم در صد گرم ماده خشک) به دست آمده است. مقایسه تغییرات فسفر میوه در این دو تیمار نشان داده است که افزایش محلول غذایی از ۵۰ به ۷۰ درصد کود شیمیایی همراه با زغال زیستی تأثیر معنی‌داری نداشته است و از نظر اقتصادی و آلودگی طبیعتا مقدار کمتر کود توصیه می‌شود. به طور کلی نتایج نشان داده است که افزایش مقدار زغال زیستی از ۱/۵ به ۳ درصد سبب بهبود وضعیت فسفر در میوه و اندام هوایی شده است (شکل ۶- ب). افزودن زغال زیستی به خاک باعث افزایش فسفر در دسترس برای رشد گیاه می‌شود (۱۳). زغال زیستی با افزایش قدرت یونی و غلظت کلسیم در محلول خاک می‌تواند باعث افزایش جذب فسفر شود (۴۸). به طور کلی افزایش در مقدار اکسیدهای آهن و آلومینیوم محلول و یا افزایش در مقدار کلسیم خاک منجر به جذب بیشتر فسفر قابل دسترس برای گیاه می‌شود. ژیو و همکاران (۶۵) تأثیر زغال زیستی در این ساز و کار را مورد پژوهش قرار دادند. موخرجی و همکاران (۴۷) تاثیر فوق‌العاده زغال زیستی بر چرخه عناصر و جلوگیری از هدر روی فسفر در خاک را گزارش کردند و بیان کردندکه زغال زیستی دارای دامنه‌ای از شکل‌های عناصر غذایی بوده که با سرعت‌های متفاوتی آزاد شده و تاثیرات متفاوتی را بر حاصلخیزی خاک دارند. طبق نتایج این محققین شیرابه خروجی از خاک لومی تیمار شده با زغال زیستی ضایعات گردو دارای مقادیر بالاتر پتاسیم و سدیم و مقدار کمتر فسفر، کلسیم، منیزیم و روی نسبت به خاک

شاهد می‌باشد. بین عناصر روی و فسفر رابطه آنتاگونیسمی وجود دارد به این صورت که جذب یکی از عناصر جذب دیگری را کاهش خواهد داد. باربن و همکاران (۶) بیان کرد که کاربرد عنصر روی سبب کاهش میزان جذب فسفر در گیاه خواهد شد. نواکو همکاران (۵۱) بیان کردند که با افزایش مقدار زغال زیستی انتظار می‌رود که غلظت فسفر در گیاهان نیز افزایش یابد. اکا و نملی (۱) بیان کردند که استفاده از زغال زیستی سبب افزایش میزان آنزیم فسفاتاز قلیایی می شود و بنابراین میزان جذب فسفر ناشی از مصرف زغال زیستی توسط گیاه افزایش پیدا می‌کند. هانت و همکاران (۲۵) گزارش دادند این امکان وجود دارد که مکان‌های تبادلی زغال زیستی با اکسیدهای آهن و آلومینیوم (برای مثال گیبسایت و گئوتایت) شبیه آنچه برای هومیک و فولویک اسید مشاهده شد برای جذب فسفر محلول رقابت کند. سوجانا و همکاران (۵۸) با کاربرد زغال زیستی کود مرغی، پوسته برنج در سطوح مختلف گزارش کردند که فسفر قابل جذب افزایش معنی‌داری پیدا کرده است. ژای و همکاران (۷۰) با بررسی اثر کاربرد سطوح مختلف زغال زیستی بقایای ذرت بر فراهمی فسفر در دو خاک اسیدی و قلیایی و به روش اولسن در چند زمان مشاهده کردند که با افزایش سطح کاربرد زغال زیستی، فسفر نیز افزایش یافته است اما اثر زمان بی تاثیر بوده است. همچنین مورالس و همکاران (۴۵) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.



شکل ٦- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف زغال زیستی و محلول غذایی بر میزان فسفر الف) میوه و ب) اندام هوایی توت فرنگی

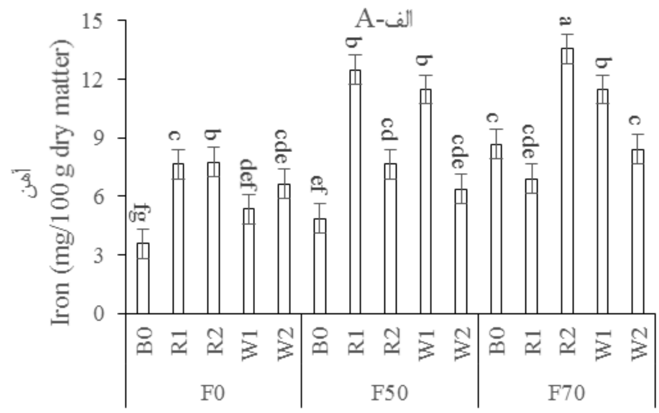
(F0 بدون محلول غذایی، F50، پنجاه درصد کود مورد نیاز گیاه، F70، هفتاد درصد کود مورد نیاز گیاه، R1 و R2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از پوشال برنج به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، W1 و W2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از کلش گندم به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، B0 بیانگر تیمار شاهد است).

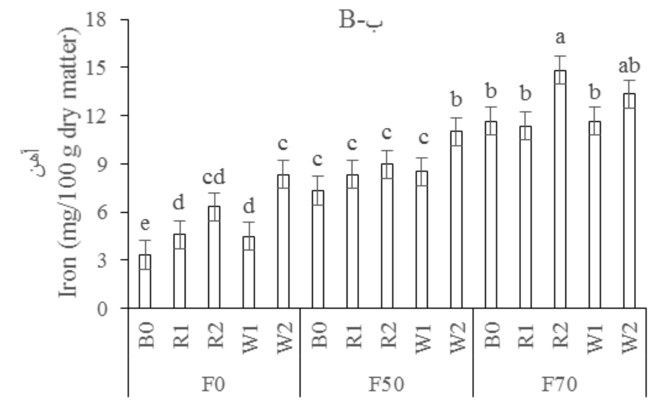
Figure 6- Comparison mean of the effects of various biochar and nutrient solutions on the amount of phosphorus in A) fruit and b) shoot of strawberry

(F0, Non chemical fertilizer, F50 and F70, 50 and 70 % of the plant's natural requirements, R1 and R2, Biochar of straw rice 1.5 and 3 % respectively, W1 and W2, Biochar of straw wheat 1.5 and 3 % respectively, B0, Blank). (Tukey, $p \leq 0.05$)

آهن

در شکل ۷ مقایسه میانگین مقادیر آهن در دو بخش میوه (الف) و اندام هوایی (ب) نمایش داده شده است. مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار آن در میوه مربوط به تیمار F70R2 (۱۳/۵۵ میلی‌گرم در صد گرم ماده خشک) است و اختلاف بسیار زیادی با سایر تیمارهای مورد استفاده دارد. کمترین مقدار آهن نیز در تیمار شاهد (۳/۵۷ میلی‌گرم در صد گرم ماده خشک) مشاهده شده است. به طور کلی در بررسی اثر نوع زغال زیستی نیز با مقایسه تیمارهای زغال زیستی در سطوح یکسان محلول غذایی مشاهده می‌گردد که در تامین مقدار آهن در میوه و اندام هوایی زغال زیستی حاصل از پسماند برنج مناسب‌تر بوده است. در برخی از تیمارها همانند تیمار شاهد علایم کمبود آهن در گیاه ظاهر شده است در همین راستا گزارش شده که برای سالم ماندن گیاه توت فرنگی و نشان ندادن علائم کمبود آهن، غلظت آهن در برگ‌های آن باید بیشتر از ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک باشد (۲۸). عنصر آهن یکی از عناصر ضروری برای گیاه است و نقش اساسی در کلروپلاست دارد. بر اثر کمبود آهن فعالیت چندین سیستم آنزیمی و ترکیبات گیاهی مانند کاتالاز، سیتوکرم اکسیداز و فردوکسین به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. غلظت زیاد عناصری مثل فسفر، روی و مس روی جذب آهن تاثیر می‌گذارد (۳۱). زغال زیستی تنها یک اصلاح‌کننده در بین مواد آلی و یک افزایش‌دهنده عناصر غذایی از طریق بهبود حاصلخیزی خاک نیست (۳۴)، بلکه اساسا خاصیت موثرتری در ثبات بخشیدن به خاک و افزایش ظرفیت برای نگه‌داری مواد غذایی نسبت به گونه‌های دیگر مواد آلی دارد. این ویژگی زغال زیستی ریشه در خواص فیزیکی و شیمیایی خاص آن نظیر چگالی بالا دارد، که در نتیجه عناصر غذایی بیش‌تری را نگه می‌دارند (۳۵). ساختار شیمیایی خاص زغال زیستی نسبت به گونه‌های دیگر مواد آلی در مقابل پوسیدگی میکروبی مقاومت می‌کند (۱۰ و ۵۵).





شکل ۷- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف زغال زیستی و محلول غذایی بر میزان آهن الف) میوه و ب) اندام هوایی توت‌فرنگی

(F0 بدون محلول غذایی، ,F50 پنجاه درصد کود مورد نیاز گیاه، ,F70 هفتاد درصد کود مورد نیاز گیاه، R1 و R2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از پوشال برنج به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، W1 و W2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از کلش گندم به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، B0 بیانگر تیمار شاهد است).

Figure 7- Comparison mean of the effects of various biochar and nutrient solutions on the amount of iron in A) fruit and b) shoot of strawberry

(F0, Non chemical fertilizer, F50 and F70, 50 and 70 % of the plant's natural requirements, R1 and R2, Biochar of straw rice 1.5 and 3 % respectively, W1 and W2, Biochar of straw wheat 1.5 and 3 % respectively, B0, Blank). (Tukey, *p≤0.05*)

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داده است که استفاده از زغال زیستی می‌توان در کاهش مصرف کودهای شیمیایی بسیار مفید باشد و از آلودگی‌های ناشی از مصرف زیاد این کودها بکاهد. نتایج نشان داده است که مصرف توام کود شیمیایی به میزان ۷۰ درصد مصرف نرمال به همراه سه درصد از زغال زیستی تولید شده از کاه و کلش گندم نتایج بهتری نسبت به سایر تیمارها داشته است. اثر زغال زیستی به دست آمده از کاه و کلش گندم سبب افزایش بیشتری در میزان پتاسیم در گیاه شده است. در مورد زغال زیستی حاصل از پسماند برنج میزان عناصر فسفر و آهن به مقدار بیشتری در مقایسه با زغال زیستی حاصل از کاه و کلش گندم جذب گیاه توت فرنگی شده است. نتایج عملکرد توت فرنگی نیز نشان داده است که زغال زیستی حاصل از کاه و کلش گندم دارای علمکرد بهتری بوده است. به طور کلی با توجه به نتایج استفاده از زغال زیستی در هر دو حالت کاه و کلش برنج و گندم بهمراه محلول غذایی در تغذیه توت فرنگی بسیار مفید است.

منابع

1- Akça M.O., and Namli A. 2015. Effects of poultry litter Biochar on soil enzyme activities and tomato, pepper and lettuce plants growth. Eurasian Journal of Soil Science 4(3): 203-210.

2- Alburquerque J.A., Salazar P., Barrón V., Torrent J., del Campillo M.D.C., Gallardo A., and Villar R. 2013. Enhanced wheat yield by biochar addition under different mineral fertilization levels. Agronomy for Sustainable Development 33(3): 475-484.

3- Asgari Marjanlu A., Mostofi Y., Shoeibi S., and Maghoumi M. 2009. Effect of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Essential oil on Gray Mold Control and Postharvest Quality of Strawberry (*cv. Selva*). Journal of Medicinal Plants 4(29): 131-139. (In Persian with English abstract)

4- Athar H., and Ashraf M. 2005. Photosynthesis under drought stress. PP. 795-810. In: Pessarakli M. (Ed.), Handbook of Photosynthesis, Second Ed., CRC Press, New York.

5- Atkinson C.J., Fitzgerald J.D., and Hipps N.A. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: A review. Plant Soil 337: 1–18.

6- Barben S.A., Nichols B.A., Hopkins B.G., Jolley V.D., Ellsworth J.W., and Webb B.L. 2007. Phosphorus andzinc interactions in potato. Western Nutrient Management Conference 219-223.

7- Behnamian M., and Messiah S. 2002. Strawberry. Sotoudeh Publishing House, 120 pages, (In Persian with English abstract).

8- Bose U.S., and Tripath S.K. 1996. Effect of micronutrients on growth, yield and quality of tomato cv. Pusa Ruby. Crop Research 12: 61-64.

9- Chan K.Y., Van Zwieten L., Meszaros I., Downie A., and Joseph S. 2007. Agronomicvalues of greenwastebiochar as a soil amendment. Australian Journal of Soil Research 45: 629-634.

10- Chen J.P., and Lin M. 2001. Equilibrium and kinetics of metal ion adsorption onto a commercial H-type granularactivated carbon: Experimental and modeling studies. Water Research 35: 2385–2394.

11- Davis T.M., Denoyes-Rothan B., and Lereeteau-kohler E. 2007. Strawberry (chapter 8). In Kole C. (Ed). Genome plants, volume 4, Fruits and nuts 189-204.

12- Deenik J.L., McClellan T., Uehara G., Antal M.J., and Campbell S. 2010. Charcoal volatile matter content influences plant growth and soil nitrogen transformations. Soil Science Society of America Journal 74(4): 1259-1270.

13- Deluca T.H., MacKenzie M.D., and Gundale M.J. 2009. Biochar Effects on Soil Nutrient Transformations. In: Lehmann, J. Joseph, S. (Eds.), Biochar for Environmental Management. Science and technology 56: 251–270.

14- Downie A., Crosky A., and Munroe P. 2009. Physical properties of biochar. In: J. Lehmann S. Joseph (Eds.), Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan, London 13-32.

15- Fallah Tolekolaei S., Bahmanyar M.A., Sadeghzadeh F., and Emadi S.M. 2016. Effects of municipal solid waste compost and two boichar type's application on the concentration of some nutrients in rice (*Oryza sativa*). Journal of Soil Management and Sustainable Production 6(1): 145-158. (In Persian with English abstract)

16- Fellet G., Marchiol L., Delle Vedove G., and Peressotti A. 2011. Application of biochar on mine tailings: effects and perspectives for land reclamation. Chemosphere 83(9): 1262-1267.

17- Fowles M. 2007. Black carbon sequestration as an alternative to bioenergy. Biomass & Bioenergy 31: 426–432.

18- Ganjehi B., and Golchin A. 2012. The effect of different levels of N, K and Mg on yield and growth indices of strawberry in hydroponic culture. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 2(4):71-81. (In Persian with English abstract)

19- Goyal H.B., Seal D., and Saxena R.C. 2008. Bio-fuels from thermochemical conversion of renewable resources: a review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 12(2): 504-517.

20- Gruda N. 2005. Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. Critical Reviews in Plant Sciences 24: 227-274.
21- Haefele S.M., Konboon Y., Wongboon W., Amarante S., Maarifat A.A., and Pfeiffer E.M. 2011. Effects and fate of biochar from rice residues in rice-based systems. Field Crops Research 121(3): 430-40.
22- Hejazizadeh A., Gholamalizadeh Ahangar A., and Ghorbani M. 2016. Effect of Biochar on Lead and Cadmium Uptake from Applied Paper Factory Sewage Sludge by Sunflower (*Heliantus annus* L.). Water and Soil Science 26(1-2): 259-271. (In Persian with English abstract)
23- Hernandez T., Moral R., Prez-Espinosa A., Moreno-Caselles A., Perez Murica M.D., and Garcia C. 2002. Nitrogen mineralization potential in a calcareous soil amended with sewage sludge. Bioresource Technology 83: 213-219.
24- Hossain M.K., Strezov V., Chan K.Y., and Nelson P.F. 2010. Agronomic properties of wastewater sludge biochar and bioavailability of metals in production of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*). Chemosphere 78(9): 1167-1171.
25- Hunt J.F., Ohno T., He Z., Honeycutt C.W., and Dail D.B. 2007. Inhibition of phosphorus sorption to goethite, gibbsite, and kaolin by fresh and decomposed organic matter, Biology and fertility of soils 44(2): 277-288.
26- Izaurralde R., Williams C.J.R., Post W.M., and Thomson A.M. 2007. Long-term modeling of soil C erosion and sequestration at the small watershed scale. Climatic Change 80 (1-2): 73-90.
27- Jiang T.Y., Jiang J., Xu R.K., and Li Z. 2012. Adsorption of Pb (II) on variable charge soils amended with rice-straw derived biochar. Chemosphere 89(3): 249-256.
28- Jones J.R., Wolf B., and Mills H.A. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing, Athens, GA, pp. 1-25.
29- Khaldbarin B., and Islam zadeh T. 2005. Excellent plant nutrition (translation). Shiraz University Press, 259 pages. (In Persian with English abstract)
30- Knicker H. 2007. How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? A review. Biogeochemistry 85(1): 91-118.
31- Kosegarten H.G., Wilson H., and Esch A. 1998. The effect of nitrate nutrition on iron cholorosis and leaf growth in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy 8: 283-292.
32- Laird D., Fleming P., Davis D., Horton R., Wang B., and Karlen D. 2010. Impact of biochar amendments on the quality of a typical midwestern agricultural soil. Geoderma 158(3–4): 443–449.
33- Lehmann J. 2007. Bio-energy in the black. Germany front Ecological Environmental 5: 381-387.
34- Lehmann J., and Joseph S. 2009. Biochar for environmental management. Science and Technology 77-79.
35- Lehmann J., daSilva J.P., Steiner C., Nehls T., Zech W., and Glaser B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer. Manure and charcoal amendments. Plant Soil 249: 343-357.
36- Lian F., Huang F., Chen W., Xing B., and Zhu L. 2011. Sorption of apolar and polar organic contaminants by waste tire rubber and its chars in single- and bi-solute systems. Environmental Pollution 159: 850-857.
37- Lindsay W.L., and Norwell W.A. 1960. Development of a DTPA micronutrient soil test. Agronomy Abstracts 1969 :84
38- Major J., Rondon M., Molina D., Riha S.J., and Lehmann J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. Plant and Soil 333(1-2): 117-128.
39- Makarian H. and Shahqali H. 2015. Effect of organic and biological fertilizers on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) And colonization of bacteria in soil. Journal of Horticultural Science (Agricultural Sciences and Technology) 29(2): 185-195. (In Persian with English abstract)
40- Manrique L.A. 1993. Greenhouse crops: A review. Journal of Plant Nutrition 16(12): 2411-2477.
41- Marschener H. 1995. Mineral nutrition of higher plant. Second Academic Press London.
42- Mashayekhi P., and Tatari M. 2016. Effect of various concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium on some quantitative and qualitative properties Strawberries in hydroponic culture. Soil Science Journal (Soil and Water Science) 30(4): 391-402. (In Persian with English abstract)
43- Mengel K., and Arneke W.W. 1982. Effect of potassium on the water potential, the pressure potential, the osmotic potential and cell elongation in leaves of Phaseolus vulgaris. Plant Physiology 54: 402-408.
44- Miri S.M., Hosseini M., Souri M.K., and Abaspour S. 2016. Effect of Potassium Nitrate and Phenyl Phthalamic Acid on Some of Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry ‘Gaviota’. Journal of Plant Productions 39(4): 43-52. (In Persian with English abstract)
45- Morales M.M., Comerford N., Guerrini I.A., Falcao N.P.S., and Reeves J.B. 2013. Sorption and desorption of phosphate on biochar and biochar–soil mixtures. Soil Use Management 29: 306–314.
46- Mukherjee A., and Zimmerman A.R. 2013. Organic carbon and nutrient release from a range of laboratory-produced biochars and biochar–soil mixtures. Geoderma 193–194(0): 122-30.
47- Mukherjee A., Hamdan R., Cooper W.T., and Zimmerman A.R.A. 2013. Chemical comparison of freshly-produced and field-aged biochars and biochar-amended soils. Chemosphere. Solid Earth Discuss 6: 731-760.

48- Murphy P.N.C., and Stevens R.J. 2010. Lime and gypsum as source measures to decrease phosphorus loss from soils to water. Water Air Soil Pollution 212: 101–111.
49- Namgay T., Singh B., and Singh B.P. 2010. Influence of biochar application to soil on the availability of As, Cd, Cu, Pb, and Zn to maize (*Zea mays* L.). Soil Research 48(7): 638-647.
50- Neeson R. 2004. Organic processing tomato production. Agfact H8.3.6, first edition.
51- Novak J.M., Busscher W.J., Laird D.L., Ahmedna M., Watts D.W., and Niandou M.A.S. 2009. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal Plain soil. Soil Science 174: 105-112.
52- Romheld V., and Kirkby E.A. 2010. Research on potassium in agriculture: Needs and prospects. Plant Soil 335: 155-180.
53- Rondon M.A., Lehmann J., Ramírez J., and Hurtado M. 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. Biology and fertility of soils, 43(6): 699-708.
54- Rostamian R., Heidarpour M., Mousavi S., and Afyuni M. 2015. Application of Rice Husk Biochar to Desalinate Irrigation Water. JWSS 19(71): 21-30. (In Persian with English abstract)
55- Skjemstad J.O., Clarke P., Taylor J.A., Oades J.M., and McClure S.G. 1996. The chemistry and nature of protected carbon in soil. Australian Journal of Soil Research 34: 251–271.
56- Sohi S.P., Krull E., Lopez-Capel E., and Bol R.A. 2010. Review of biochar and its use and function in soil. In: Sparks, D.L. (Ed.), Advances in Agronomy 105: 47-82.
57- Steiner C., Glaser B., Teixeira W.G., Lehmann J., Blum W.E.H., and Zech W. 2008. Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central Amazonian Ferralsolamended with compost and charcoal. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 171: 893-899.
58- Sujana I.P., Lanya I., Subadiyasa I.N.N., and Suarna I.W. 2014. The effect of dose biochar and organic matters on soil characteristic and corn plants growth on the land degraded by garment liquid waste. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare 4(5): 77-88.
59- Tang J., Zhu W., Kookana R., and Katayama A. 2013. Characteristics of biochar and its application in remediation of contaminated soil. Journal of Bioscience and Bioengineering 116(6): 653-659.
60- Vaccari F.P., Maienza A., Miglietta F., Baronti S., Di Lonardo S., Giagnoni L., and Valboa G. 2015. Biochar stimulates plant growth but not fruit yield of processing tomato in a fertile soil. Agriculture, Ecosystems & Environment 207: 163-170.
61- vanZwieten L., Kimber S., Downie A., Joseph F., Chan K.Y., Cowie A., Wainberg R., and Morris S. 2007. Paper mill char: benefits for soil health and plant production. Proceedings, International Agrichar Initiative Conference. 30th April - 2nd May 2007, Terrigal, Australia.
62- Westerman R.E.L. 1990. Soil testing and plant analysis. Soil Science Society of America Journal. Madison, Wisconsin, USA.
63- William K., and Qureshi R.A. 2015. Evaluation of Biochar as Fertilizer for the Growth of Some Seasonal Vegetables. Journal of Bioresource Management 2(1): 1.
64- Woolf D., Amonette J.E., Street-Perrott F.A., Lehmann J., and Joseph S. 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. Nat. Commun 1, 1-9.
65- Xu G., Shao H.B., and Sun J.N. 2013. What is more important for enhancing nutrient bioavailability with biochar application into a sandy soil: direct or indirect mechanism Ecol. Ecological Engineering 52: 119–124.
66- Yao Y., Gao B., Inyang M., Zimmerman A.R., and Cao X. 2011. Biochar derived from anaerobically digestedugar beet tailings: Characterization and phosphate removal potential. Bioresource Technology 102: 6273-6278.
67- Yavari S., Eshghi S., Tafazoli E., and Yavari S. 2008. Effects of various organic substrates and nutrient solution on productivity and fruit quality of strawberry "*Selva*" (*Fragaria ×ananassa* Duch.). Journal of Fruit and Ornamental Plant Research 16: 167-178.
68- Yilangai R.M., Manu A.S., Pineau W., Mailumo S.S., and Okeke-Agulu K.I. 2014. The effect of biochar and crop veil on growth and yield of Tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) in Jos, North central Nigeria. Current agriculture Research Journal 2(1): 37-42.
69- Yuan J.H., Xua R.K., and Zhang H. 2011. The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues atdifferent temperatures. Bioresource Technology 102: 3488-3497.
70- Zhai L., CaiJi Z., Liu J., Wang H., Ren T., Gai X., and Liu H. 2015. Short-term effects of maize residue biochar on phosphorus availability in two soils with different phosphorus sorption capacities. Biology and Fertility of Soils 51(1): 113-122.

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.1, Spring 2020, P. 75-89
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۸۹-۷۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Investigating the Effect of Wheat and Rice Straw Biochars on Some Strawberry (*Fragaria×ananasa*) Characteristics

A. Ladan Moghadam[1]*
Received: 24-04-2019
Accepted: 09-12-2019

Introduction: One of the main factors in increasing the quantity and quality of crops is increasing soil organic matter. Biochar is a form of material burned in special conditions and added to soil as organic material, which increases soil organic matter and reduces environmental hazards. The increase in organic matter improves the physical, and chemical properties of the soil, and ultimately increases the absorption of the elements by the plant. Biochar is one of the methods for increasing organic matter in the soil, which is produced by burning in low oxygen conditions. There are many studies that show that the use of coke can be beneficial for plant growth. *Fragaria ananasa* is an important plant in nutrition of human that cultivated extensive area of the world. The purpose of this study was to investigate the effect of two types of biochar produced from wheat and rice straws on some of the characteristics of strawberry cv. Kurdestan.

Materials and Methods: This research was conducted as a factorial based on a randomized complete block design with three replications. Each block contained 15 pots and 45 plants were planted in each pot. The treatments included 1.5 and 3% of the two types of straw, wheat and rice residues, along with three levels of chemical fertilizer containing zero, 50 and 70 % of the plant requirements. In order to prepare the biochar, wheat and rice straw separately put in a special container made for this purpose and were placed in an electric furnace at 550 °C for 2-2.5 hours. In this research, yield, fresh weight of the plant, number of fruits were measured by conventional methods. The amount of nitrogen, phosphorus, potassium and iron elements in two parts of the fruit and shoot were measured by Kjeldahl method, spectrophotometry, flame photometric sulfuric acid digestion and atomic absorption spectrometry, respectively.

Results: The results showed that the highest fruit yield was obtained in 70 % of fertilizer application and 3% of wheat straw (83.3 g per plant). Reason of increasing yield was to provide elements and improved conditions of soil. The results showed that the increase in the amount of chemical fertilizer and biochar significantly increased the plant yield. The greatest effect of biochar was observed when the chemical fertilizer has been sufficiently provided. The results showed that in the treatment of 70% of fertilizer requirement, using wheat and rice straws, nitrogen content increased to 0.7 and 0.5 g/100g of dry matter, respectively. The results have shown that the use of biochar has led to an increase in the fresh weight of the aboveground of the strawberry plant. The amount of phosphorus was 0.31 g/100g of fruit in the absence of chemical fertilizer and biochar. By increasing the requirement to 70% of chemical fertilizers plus 3% of rice straw the amount of phosphorus in the fruit reached to 0.37 g/100g . Results showed that the highest amount of iron in the fruit is found in 70% of fertilizer and 3% of biochar, equal to 13.5 mg/100g in the fruit. Also, the highest amount of iron in the aboveground obtained at the same treatment with 14.8 mg/ 100g.

Discussion: The burning of plant remains naturally induced a lot of damages on the farm, causing soil degradation and reduces plant yield. The results of this study and other researchers show that the use of biochar is an appropriate method for converting plant debris into useful material. The increase in the amount of biochar will improve the absorption of the elements needed by the plant. As a result, providing the nutrients needed for the plant will perform better. In general, the results showed that use of both types of biochar has a very beneficial effect on strawberry plants, and the biochar derived from wheat straw have better effect than rice straw on the plant quality and quantity properties. The fruits have been improved by using biochar and chemical fertilizer. This indicates the basic role of the chemical fertilizers that cannot be completely eliminated and should only reduce their consumption.

Keywords: Iron, Kurdistan cultivar, Nitrogen, Pyrolysis, Yield

1- Department of Horticulture, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar
(*- Corresponding Author Email: LMAR13201396@yahoo.com)